

35.C15550



#-C  
PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:	)	
	:	Examiner: Unassigned
NATSUHIKO MIZUTANI, ET AL.	)	
	:	Group Art Unit: 2877
Application No.: 09/900,951	)	
	:	
Filed: July 10, 2001	)	
	:	
For: RING LASER GYRO	)	October 16, 2001

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

2000-211854

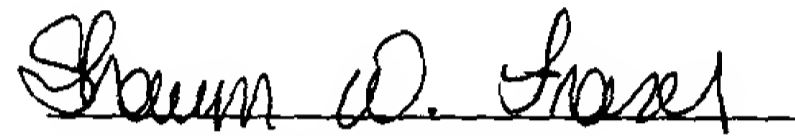
Japan

July 12, 2000.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in cursive script, reading "Shawn W. Fraser", written over a horizontal line.

Attorney for Applicants  
Shawn W. Fraser  
Registration No. 45,886

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

SWF:cyw

DC-MAIN 74652 v1

CFO 15550 US/sug



本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-211854

出 願 人

Applicant(s):

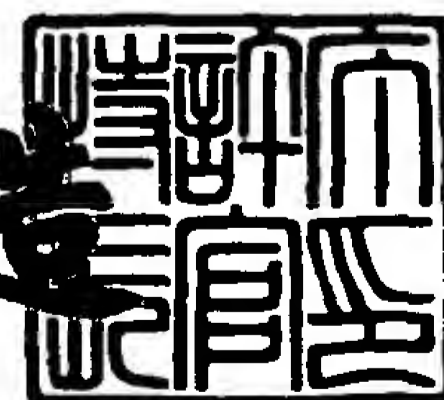
キヤノン株式会社

Appln. No.: 09/900,951  
Filed: July 10, 2001  
Inv.: Natsuhiko Mizutani, et al.  
Title: Ring Laser Gyro

2001年 8月 3日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3069427

【書類名】 特許願

【整理番号】 4246066

【提出日】 平成12年 7月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01C 19/66

【発明の名称】 光ジャイロ、及びその駆動方法並びに信号処理方法

【請求項の数】 20

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 水谷 夏彦

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 沼居 貴陽

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

    【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

    【識別番号】 100065385

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 山下 穰平

    【電話番号】 03-3431-1831

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 010700

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 0 - 2 1 1 8 5 4

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703871

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ジャイロ、及びその駆動方法並びに信号処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに光学的に独立な 2 以上のリング共振器型半導体レーザを備えた光ジャイロであって、

一つの方向の回転に対してインピーダンス変動の周期の変化が互いに逆となるリング共振器型半導体レーザを少なくとも 1 対備えることを特徴とする光ジャイロ。

【請求項 2】 印加された角速度に応じて端子間のインピーダンス変動の周期が変わり、

前記インピーダンス変動を検知する電気端子を備えた 2 つのリング共振器型半導体レーザを、おたがいに光学的に独立になるように、おたがいに垂直でない面上に備えた光ジャイロであって、

ある方向の角速度が増大するときに、第 1 のリング共振器型半導体レーザにおいてはインピーダンス変動の周波数が低くなり、

第 2 のリング共振器型半導体レーザにおいてはインピーダンス変動の周波数が高くなることを特徴とする光ジャイロ。

【請求項 3】 前記 2 つのリング共振器型半導体レーザは、それぞれの光共振器内でおたがいに反対方向に周回し、

静止時に発振周波数の異なる 2 つのレーザ光を有し、

前記時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との発振周波数の大小関係は、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザ間で逆転していることを特徴とする請求項 1、2 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 4】 前記 2 つのリング共振器型半導体レーザはその光導波路の一部にテーパ部があり、

前記テーパ部は時計回りのレーザ光の伝搬方向に沿って光導波路の幅が広くなる第 1 の部分と光導波路の幅が狭くなる第 2 の部分とで構成されていて、

第 1 のリング共振器型半導体レーザにおいては前記第 1 の部分が前記第 2 の部分よりも長く、第 2 のリング共振器型半導体レーザにおいては前記第 2 の部分が

前記第 1 の部分よりも長いことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 5】 前記第 1 のリング共振器型半導体レーザにおける共振器の囲む面積と共振器の周回長との比が、前記第 2 のリング共振器型半導体レーザにおける共振器の囲む面積と共振器の周回長との比と等しいことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 6】 前記第 1 と第 2 のリング共振器型半導体レーザは、それぞれの共振器の形状がおたがいに鏡像関係であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 7】 前記おたがいに垂直でない面が、おたがいに平行な平面であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 8】 前記おたがいに平行な平面が、同一平面であることを特徴とする請求項 7 記載の光ジャイロ。

【請求項 9】 前記おたがいに垂直でない面、おたがいに平行な平面、又は同一平面が半導体基板表面であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 10】 前記おたがいに垂直でない面、おたがいに平行な平面、又は同一平面が半導体表面以外であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 11】 前記 2 つのリング共振器型半導体レーザ間の光学的結合を防ぐ吸収体ないし遮光体を有し、

前記吸収体ないし遮光体が前記リング共振器型半導体レーザに反射光を戻さないことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一つに記載された光ジャイロ。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 11 のいずれか一つに記載された光ジャイロを駆動する方法であって、

前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々を定電流駆動し、前記電気端子から電圧変動を検知することを特徴とする光ジャイロ駆動方法。

【請求項 13】 請求項 1 乃至 11 のいずれか一つに記載された光ジャイロを駆動する方法であって、

前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々を定電圧駆動し、前記電気端子から駆動電流の変動を検知することを特徴とする光ジャイロ駆動方法。

【請求項 1 4】 前記 2 つのリング共振器型半導体レーザへの注入電流又は印加電圧が、同一であることを特徴とする請求項 1 2、1 3 のいずれか一つに記載された光ジャイロ駆動方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一つに記載された光ジャイロからの信号の処理方法であって、

前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々におけるインピーダンス変動の周波数に基づいて演算処理を行い、角速度と回転方向を得ることを特徴とする光ジャイロの信号処理方法。

【請求項 1 6】 前記演算処理は、減算又は負の重みつき加重平均であることを特徴とする請求項 1 5 記載の光ジャイロの信号処理方法。

【請求項 1 7】 前記重みが、それぞれのリング共振器型半導体レーザにおける静止時のビート周波数の比に相当することを特徴とする請求項 1 6 に記載の光ジャイロの信号処理方法。

【請求項 1 8】 請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一つに記載された光ジャイロを駆動する方法であって、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザのそれぞれにおけるインピーダンス変動の周波数に基づいて演算処理を行い、この結果を用いて駆動条件を制御することを特徴とする請求項 1 6 記載の光ジャイロ駆動方法。

【請求項 1 9】 前記演算処理は、加算または加重平均であることを特徴とする請求項 1 8 記載の光ジャイロ駆動方法。

【請求項 2 0】 前記加重平均の重みが、それぞれのリング共振器の周回長とリング共振器の囲む面積との比に相当することを特徴とする請求項 1 9 記載の光ジャイロの信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明が属する技術分野】

本発明は、リング共振器型半導体レーザを用いて回転を検知する光ジャイロ装置、特に回転方向を検知可能な半導体光ジャイロ装置とその駆動方法と信号処理

方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、物体の回転、すなわち角速度を検知するジャイロとしては、回転子や振動子をもつ機械的ジャイロや、光ジャイロが知られている。光ジャイロは、瞬間起動が可能でダイナミックレンジが広いため、ジャイロ分野で革新をもたらしつつある。光ジャイロには、リングレーザ型ジャイロ、光ファイバジャイロ、受動型リング共振器ジャイロなどがある。ガスレーザを用いたリングレーザ型ジャイロはすでに航空機などで実用化されている。また、小型で高精度なリングレーザ型ジャイロとして、半導体基板上のリング共振器型半導体レーザからなるジャイロが提案されている。この公知文献として、特公昭 6 2 - 3 9 8 3 6 号公報、特開平 4 - 1 7 4 3 1 7 号公報、特公平 6 - 3 8 5 2 9 号公報がある。

【 0 0 0 3 】

リング共振器型半導体レーザからなるジャイロは、振動子を有する機械式ジャイロと比べて、さらに素子サイズを小さくできる、消費電力を低減できる、起動時間を短縮できるという特徴を有し、スチルカメラおよびビデオカメラの手振れによる撮影ミスを防ぐ防振制御装置に使用するのに好適な素子である。

【 0 0 0 4 】

このような、ジャイロでは、ビート周波数が角速度の情報をもっている。そして、ビート周波数を検出するために、周波数-電圧変換回路によってビート周波数を電圧信号に変換する方法や、周波数カウンタによって直接ビート周波数を検出する方法などがある。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のリング共振器型半導体レーザからなるジャイロは、そのままでの出力信号からは回転方向の検知ができなかった。そのため、微小回転振動（ディザ）を加えて、ディザと信号の相関から回転方向を検知していた。また、特公昭 6 2 - 3 9 8 3 6 号公報、特開平 4 - 1 7 4 3 1 7 号公報においては、回転方向検知の方法は示されていない。

【 0 0 0 6 】

また、特公平 6 - 3 8 5 2 9 号公報においては、2 個の電極から得られる信号の位相情報を比較することで、回転方向を検知することができると述べられているが、そのための信号処理方法は、具体的には示されていない。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明の第 1 の目的は、精度よく角速度と回転方向を検知する光ジャイロを提供することである。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の第 2 の目的は、精度よく角速度と回転方向を検知する光ジャイロの駆動方法を提供することである。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の第 3 の目的は、精度よく角速度と回転方向を検知する光ジャイロの信号処理方法を提供することである。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の第 4 の目的は、静止時のビート周波数が変動することを抑制する光ジャイロの駆動方法を提供することである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明の光ジャイロは、互いに光学的に独立な 2 以上のリング共振器型半導体レーザを備えた光ジャイロであって、一つの方向の回転に対してインピーダンス変動の周期の変化が互いに逆となるリング共振器型半導体レーザを少なくとも 1 対備えている。

【 0 0 1 2 】

上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 2 の発明の光ジャイロは、印加された角速度に応じて端子間のインピーダンス変動の周期が変わり、かつ前記インピーダンス変動を検知する電気端子を備えた 2 つのリング共振器型半導体レーザを、おたがいに光学的に独立になるように、おたがいに垂直でない面上に備えた光ジャイロであって、ある方向の角速度が増大するときに、第 1 のリング共振器型半導体レーザにおいてはインピーダンス変動の周波数が低くなり、第 2 のリン

グ共振器型半導体レーザにおいてはインピーダンス変動の周波数が高くなるようにしている。

## 【 0 0 1 3 】

上記構成において、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザにおけるインピーダンス変動の周波数変化を信号処理することで、リング共振器型半導体レーザ間で反対符号の変化となる角速度に依存する信号と、同符号の変化となる静止時ビート周波数の変動や雑音とを分離することが可能となり、信号対雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 1 4 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 3 の発明の光ジャイロは、請求項 1 において、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザは、それぞれの光共振器内でおたがいに反対方向に周回し、かつ静止時に発振周波数の異なる 2 つのレーザ光を有し、前記時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との発振周波数の大小関係は、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザ間で逆転している。

## 【 0 0 1 5 】

上記構成において、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザにおいて、それぞれの光共振器内でおたがいに反対方向に周回し、かつ静止時に発振周波数の異なる 2 つのレーザ光は、前記光共振器内で光ビートを生じる。さらに、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザはおたがいに光学的に独立なので、これらを備えた前記ジャイロが回転したときに、それぞれのレーザ光の発振周波数は、独立に変化する。上記時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との発振周波数の大小関係が、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの間で逆転しているので、これらの光共振器内の光のビート周波数は、前記ジャイロの回転時に一方で増加しもう一方で減少するという関係にある。この光ビートの周波数の変化を、リング共振器型半導体レーザの端子間におけるインピーダンス変動の周波数の変動として検出する。

## 【 0 0 1 6 】

得られた周波数の変動を信号処理することで、リング共振器型半導体レーザ間

で反対符号の変化となる角速度に依存する信号と、同符号の変化となる静止時ビート周波数の変動や雑音とを分離することが可能となり、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 1 7 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 4 の発明の光ジャイロは、請求項 1 乃至 3 において、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザがその光導波路の一部にテーパ部をもち、前記テーパ部は時計回りのレーザ光の伝搬方向に沿って光導波路の幅が広くなる第 1 の部分と光導波路の幅が狭くなる第 2 の部分とで構成されていて、第 1 のリング共振器型半導体レーザにおいては前記第 1 の部分が前記第 2 の部分よりも長く、第 2 のリング共振器型半導体レーザにおいては前記第 2 の部分を前記第 1 の部分よりも長くしている。

## 【 0 0 1 8 】

ここで、上記リング共振器型半導体レーザのテーパ部は、静止時の時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との発振周波数に差を与えるために導入した構造である。さらに、第 1 と第 2 のリング共振器型半導体レーザでは、上記テーパ部の第 1 の部分と第 2 の部分の長さの大小関係が逆転している。このことによって、第 1 と第 2 のリング共振器型半導体レーザの間では、共振器損失の周回方向依存性が逆転したものになり、これによって、時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との発振周波数の大小関係が逆転している。

## 【 0 0 1 9 】

ここで上記テーパ部は、より詳細には以下のように作用する。光共振器内のレーザ光は、光導波路界面において全反射を繰り返しながら伝搬していく。上記テーパ部においては、光導波路界面への入射角が全反射条件からずれるので、導波損が生じる。周回方向によって、テーパ部での界面への入射角が異なるので損失に差が生じ、共振器損失が周回方向に依存することになる。共振器損失に差があるので、リングレーザの発振しきい値に差が生じ、周回方向の異なる 2 つのレーザ光が共存して発振するときに、その光子数密度に差が生じる。この光子数密度の差は、非線形効果によってレーザ光の発振周波数に差を与える。

## 【 0 0 2 0 】

さて、各リング共振器型半導体レーザ内で、時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光の発振周波数は異なっており、光ビートを発生する。さらに、前記2つのリング共振器型半導体レーザはおたがいに光学的に独立なので、これらを備えた前記ジャイロが回転したときに、それぞれのレーザ光の発振周波数は、独立に変化する。上記時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との発振周波数の大小関係が、前記2つのリング共振器型半導体レーザの間で逆転しているので、これらの光共振器内での光のビート周波数は、ジャイロの回転時に一方で増加しもう一方で減少するという関係にある。この光ビートの周波数の変化を、リング共振器型半導体レーザの端子間におけるインピーダンス変動の周波数の変動として検出する。

## 【 0 0 2 1 】

得られた周波数の変動を信号処理することで、リング共振器型半導体レーザ間で反対符号の変化となる角速度に依存する信号と、同符号の変化となる静止時ビート周波数の変動や雑音とを分離することが可能となり、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 2 2 】

また、上記第1の目的を達成するため、本出願の第5の発明の光ジャイロは、請求項1乃至4において、前記第1のリング共振器型半導体レーザにおける共振器の囲む面積と共振器の周回長との比が、前記第2のリング共振器型半導体レーザにおける共振器の囲む面積と共振器の周回長との比と等しくしている。

## 【 0 0 2 3 】

上記構成において、それぞれのリング共振器型半導体レーザにおける、共振器の囲む面積と共振器の周回長との比は、角速度変化に対するビート周波数の変化量の絶対値を決めるパラメータである。2つのリング共振器型半導体レーザ間で、このパラメータが等しいときには、上記ビート周波数の変化量は、絶対値が等しく符号が異なったものとなる。そこで、リング共振器型半導体レーザ間で反対符号の変化となる角速度に依存する信号と、同符号の変化となる静止時ビート周

波数の変動や雑音とを分離することがさらに容易になり、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、さらに精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 2 4 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 6 の発明の光ジャイロは、請求項 1 乃至 5 において、前記第 1 と第 2 のリング共振器型半導体レーザは、それぞれの共振器の形状がおたがいに鏡像関係であることを特徴とする。

## 【 0 0 2 5 】

上記構成において、前記第 1 と第 2 のリング共振器型半導体レーザの共振器の形状が鏡像関係であることは、共振器損失の周回方向依存性を、2 つのリング共振器型半導体レーザで鏡像対称にする。すなわち、第 1 のリング共振器型半導体レーザにおける、時計周りのレーザ光の周回損失は、第 2 のリング共振器型半導体レーザにおける、反時計周りのレーザ光の周回損失と同じとなる。逆も同様である。そこで、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザで駆動条件が同じときには、静止時のビート周波数が一致する。この静止時のビート周波数は、角速度とインピーダンス変動周波数との関係において、角速度に依存しない成分である。この値が 2 つのリング共振器型半導体レーザにおいて一致しているときには、2 つのリング共振器型半導体レーザからの信号の減算によって、角速度に依存する信号成分を高精度に分離することが可能となる。2 つの信号の減算によって、角速度に依存しない雑音成分も抑圧されるので、信号／雑音比を改善できる。この結果、精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 7 の発明の光ジャイロは、前記おたがいに垂直でない面が、おたがいに平行な平面である。

## 【 0 0 2 7 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 8 の発明の光ジャイロは、前記おたがいに平行な平面が、同一平面である。

## 【 0 0 2 8 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 9 の発明の光ジャイロは、

前記おたがいに垂直でない面、あるいはおたがいに平行な平面、あるいは同一平面が半導体基板表面である。

【 0 0 2 9 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 1 0 の発明の光ジャイロは、前記おたがいに垂直でない面あるいはおたがいに平行な平面あるいは同一平面が半導体基板表面以外である。

【 0 0 3 0 】

また、上記第 1 の目的を達成するため、本出願の第 1 1 の発明の光ジャイロは、請求項 1 乃至 9 において、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザ間の光学的結合を防ぐ吸収体ないし遮光体を有し、かつ前記吸収体ないし遮光体が前記リング共振器型半導体レーザに反射光を戻さないようにしている。

【 0 0 3 1 】

上記構成において、光学的結合を防ぐ吸収体ないし遮光体は、それぞれのリング共振器型半導体レーザが、光学的に独立にレーザ発振することを可能にする。また、前記吸収体ないし遮光体による反射光を、前記リング共振器型半導体レーザに戻さないことで、時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光との間の光学的結合をふせぎ、ロックインを抑える。

【 0 0 3 2 】

このように構成した、光学的に独立な 2 つのリング共振器型半導体レーザからなる前記ジャイロが回転すると、各リング共振器型半導体レーザ内で、時計回りと反時計回りのレーザ光の発振周波数が、独立に変動する。これを信号処理することで角速度がわかるので、広い角速度範囲で安定して動作する光ジャイロが実現できる。

【 0 0 3 3 】

また、上記第 2 の目的を達成するため、本出願の第 1 2 の発明の光ジャイロの駆動方法は、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々を定電流駆動し、前記電気端子から電圧変動を検知するようにしている。

【 0 0 3 4 】

また、上記第 2 の目的を達成するため、本出願の第 1 3 の発明の光ジャイロの

駆動方法は、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々を定電圧駆動し、前記電気端子から駆動電流の変動を検知するようにしている。

## 【 0 0 3 5 】

上記構成において、定電圧駆動および定電流駆動という駆動方法は、簡単な回路構成によって素子のインピーダンス変動を取りだすことを可能にし、さまざまな信号の処理回路との容易な接続が実現できる。信号の処理回路において、リング共振器型半導体レーザ間で反対符号の変化となる角速度に依存する信号と、同符号の変化となる静止時ビート周波数の変動や雑音とを分離することが可能となり、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 3 6 】

また、上記第 2 の目的を達成するため、本出願の第 1 4 の発明の光ジャイロの駆動方法は、請求項 1 2 乃至 1 3 において、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザへの注入電流ないし印加電圧が、同一である。

## 【 0 0 3 7 】

上記構成において、注入電流ないし印加電圧が同一であることは、第 1 と第 2 のリング共振器型半導体レーザ内でのレーザ光の発振周波数、光強度、発熱などの差を小さくし、静止時のビート周波数を一致させるものであり、上記 2 つのリング共振器型半導体レーザの共振器の形状が鏡像対称である場合に、特に有効である。このように駆動することで、角速度とインピーダンス変動周波数の関係において、角速度に依存しない成分となる静止時のビート周波数が、各々のリング共振器型半導体レーザにおいて共通となる。そこで、角速度に依存する信号成分と、角速度に依存しない静止時のビート周波数との分離を、容易かつ高精度に行うことが可能になり、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

## 【 0 0 3 8 】

また、上記第 3 の目的を達成するため、本出願の第 1 5 の発明の光ジャイロの信号処理方法は、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々におけるインピーダンス変動の周波数にたいして演算して、角速度と回転方向を得るようにして

いる。

【 0 0 3 9 】

上記構成において、上記 2 つのリング共振器型半導体レーザの各々におけるインピーダンス変動の周波数にたいする演算は、角速度に依存する信号と、角速度に依存しない静止時のビート周波数成分とを分離するものである。

【 0 0 4 0 】

このとき、リング共振器型半導体レーザ間で反対符号の変化となる角速度に依存する信号が、同符号の変化となる静止時ビート周波数の変動や雑音から分離されるので、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、さらに精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

【 0 0 4 1 】

また、上記第 3 の目的を達成するため、本出願の第 1 6 の発明の光ジャイロの信号処理方法は、請求項 1 5 において、前記演算が減算ないし、負の重みつき加重平均である。

【 0 0 4 2 】

上記構成において、減算によって得られるインピーダンス変動周波数の差は、回転方向を表す符号を含めて角速度に比例したものとなる。前記 2 つのリング共振器型半導体レーザにおいて、同一駆動条件下、静止時のビート周波数がおおむね等しく、また、角速度の変化に対するビート周波数の変化量の絶対値が等しく符号が異なっているときに、特に効果的である。

【 0 0 4 3 】

また、負の重み付き加重平均によって、角速度に依存しない静止時のビート周波数による信号成分を相殺して、回転方向を表す符号を含めて角速度に比例した信号が得られる。これは、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザで、静止時のビート周波数が等しくない場合に、有効である。

【 0 0 4 4 】

重み付けは、以下のようにおこなえばよい。すなわち、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザの、静止時のインピーダンス変動周波数それぞれの逆数を取り、このうちの 1 つに ( - 1 ) を乗じたものを重みとして加重平均をおこなえばよ

い。

【 0 0 4 5 】

このとき、リング共振器型半導体レーザ間で反対符号の変化となる角速度に依存する信号が、同符号の変化となる静止時ビート周波数の変動や雑音から分離されるので、信号／雑音比を改善できる。この結果、角速度に依存する信号から、さらに精度良く角速度と回転方向を知ることができる。

【 0 0 4 6 】

また、上記第 4 の目的を達成するため、本出願の第 1 8 の発明の光ジャイロの駆動方法は、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザのそれぞれにおけるインピーダンス変動の周波数にたいして演算して、この結果を用いて駆動条件を制御する。

【 0 0 4 7 】

上記構成において、上記 2 つのリング共振器型半導体レーザのそれぞれにおけるインピーダンス変動の周波数にたいする演算は、角速度に依存しない信号を分離するものである。この角速度に依存しない信号が、時間的に安定するように駆動条件を制御することで、角速度に依存する信号の分離を行う際に、信号の時間変動の影響を低減して、分離の精度を向上できる。

【 0 0 4 8 】

また、上記第 4 の目的を達成するため、本出願の第 1 9 の発明の光ジャイロの駆動方法は、請求項 1 6 において、前記演算が加算ないし加重平均であることを特徴とする。

【 0 0 4 9 】

上記構成において、加算ないし加重平均は、各々のリング共振器型半導体レーザから得られるインピーダンス変動周波数信号から、角速度に依存しない成分を分離するものである。特に、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザにおいて、角速度の変化に対するインピーダンス変動周波数の変化量の絶対値が等しく符号が異なっているときには、加算によって、角速度に依存しない成分が得られる。また、前記 2 つのリング共振器型半導体レーザにおいて、角速度の変化に対するインピーダンス変動周波数の変化量の絶対値が等しくないときには、この変化量

の絶対値を角速度で微分し、この逆数を加重平均の重みとすればよい。こうして得られる、角速度に依存しない信号が、時間的に安定するように駆動条件を制御することで、信号の時間変動の影響が低減できるので、角速度に依存する信号を分離する際に、精度を向上できる。

【 0 0 5 0 】

【発明の実施形態】

〔第 1 の実施形態〕

図 1 にしたがって、本発明の光ジャイロの第 1 の実施形態を説明する。

【 0 0 5 1 】

1 0 は本発明による光ジャイロ素子であり、1 1、1 2 はそれぞれリング共振器型半導体レーザ、1 3 と 1 4 は光導波路の一部に設けた導波路幅の変化する部分（テーパ部）である。リング共振器型半導体レーザには 1 5 に示す反時計回りの周回モードと 1 6 に示す時計回りの周回モードが存在している。

【 0 0 5 2 】

2 つのリング共振器型半導体レーザ 1 1、1 2 は、以下のようにして作製した。はじめに、図 1 の素子断面図に示す半導体多層構造を有機金属気相成長法によって成膜した。すなわち、 $n$ -InP 基板 1 0 2 上に、 $1.3\ \mu\text{m}$  組成のアンダーープ InGaAsP 光ガイド層 1 0 3（厚さ  $0.15\ \mu\text{m}$ ）、 $1.55\ \mu\text{m}$  組成のアンダーープ InGaAsP 活性層 1 0 4（厚さ  $0.1\ \mu\text{m}$ ）、 $1.3\ \mu\text{m}$  組成のアンダーープ InGaAsP 光ガイド層 1 0 5（厚さ  $0.15\ \mu\text{m}$ ）、 $p$ -InP クラッド層 1 0 6（厚さ  $1.5\ \mu\text{m}$ ）、 $p$ -InGaAs キャップ層 1 0 7 を結晶成長した。フォトリジストを塗布し、マスクパターンを露光、現像してリング共振器形状のレジストパターンを形成した。塩素ガスを用いたリアクティブイオンエッチングによって、高さ  $3\ \mu\text{m}$  のハイメサ形状のリッジ導波路からなるリング共振器型半導体レーザを形成した。Cr/Au をリッジ導波路上部に蒸着して、 $p$ -電極 1 0 8 とした。ウェハの下側には AuGe/Ni/Au を蒸着して  $n$ -電極 1 0 1 とした。水素雰囲気中でアロイ化して、 $p$ 、 $n$  の電極をオーミック接触とした。

【 0 0 5 3 】

さて、リング共振器を形成する光導波路の形状について、以下に詳細に説明する。リング共振器型半導体レーザ 1 1、1 2 は、各々が非対称な形状となっている。すなわち、テーパ部 1 3（および 1 4）は、反時計回り（時計回り）のレーザ光の伝搬方向に沿って、徐々に光導波路の幅が広くなる第 1 の部分と、徐々に光導波路の幅が狭くなる第 2 の部分からなっていて、第 1 の部分と第 2 の部分では長さが異なっている。特に図示した例では第 1 の部分が極端に短くなっている。リング共振器型半導体レーザ 1 1 とリング共振器型半導体レーザ 1 2 の共振器の形状は、相互に鏡像の関係となっている。

## 【 0 0 5 4 】

同一の基板上に形成されるリング共振器型半導体レーザ 1 1 とリング共振器型半導体レーザ 1 2 の配置に際しては、互いのレーザ光が結合しないように間隔をあけて配置した。エバネッセント光の影響を避けるためにおよそ 1 5 m m 以上の間隔としている。また、非対称のテーパ部では、モード変換に伴って光導波路外に放射されるレーザ光が存在するので、このテーパ部同士を対向させることや、同一軸上に配置することを避けている。また、それぞれのリング共振器型半導体レーザ間に、半導体層をエッチングせずに残した吸収体を形成してもよい。さらに、この吸収体の側面および上面に絶縁膜、電極金属を形成して遮光体としてもよい。また、素子側面に形成した絶縁膜とこの上に形成した電極金属によって、遮光体としてもよい。これらの遮光体は、遮光体表面での反射光がリング共振器型半導体レーザに戻らないように傾けて配置するとよい。これらの素子配置、吸収体、遮光体によって、リング共振器型半導体レーザ間の相互作用を低減させ、光学的に独立にできる。また、反射光が時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光とを光学的に結合させることをふせぎ、ロックインを抑えた。

## 【 0 0 5 5 】

リング共振器型半導体レーザ 1 1 と 1 2 に、それぞれ独立に電流注入をして端子電圧を検出するために、図 2 に示すような回路を用いた。

## 【 0 0 5 6 】

図 2 において、1 0 は本発明による光ジャイロであり、1 1、1 2 はそれぞれリング共振器型半導体レーザ、2 0 1、2 0 2 は駆動電流入力端子、2 0 3、2

0 4 はカップリングコンデンサ、2 0 5、2 0 6 はコンパレータ、2 0 7、2 0 8 はカウンタ、2 0 9 はゲイン ( - 1 ) の反転器、2 1 0、2 1 1 は加算器、2 1 2 は信号出力端子、2 1 3 は誤差信号出力端子である。

## 【 0 0 5 7 】

端子 2 0 1 と 2 0 2 のそれぞれを、リング共振器型半導体レーザの発振しきい値電流以上で定電流駆動する。発振しきい値以上の電流注入によって利得の生じたリング共振器型半導体レーザ 1 1 ( および 1 2 ) では、それぞれ時計回りと反時計回りのレーザ光が独立に存在している。

## 【 0 0 5 8 】

時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光とでは、静止時のレーザ光の発振周波数が異なっている。これは以下にのべるように、リング共振器型半導体レーザ 1 1 ( および 1 2 ) の非対称なテーパ部の作用による。レーザ光は光導波路界面で全反射を繰り返しながら伝搬していくが、テーパ部においては、光導波路界面への入射角度が変化するので導波損が生じる。周回方向によって、テーパ部での入射角が異なるので損失に差が生じ、共振器損失が周回方向に依存することになる。

## 【 0 0 5 9 】

レーザ光の周回方向によって共振器損失に差があるため、リング共振器型半導体レーザの発振しきい値に周回方向による差が生じる。2 つのレーザ光が共存して発振する状態では、非線形光学効果によって、2 つのレーザ光の光子数密度に差が生じる。共存する 2 つのレーザ光 ( モード ) の発振周波数  $f_j$  と光子数密度  $S_j$  の間には以下の関係があり、光子数密度に差があれば、発振周波数に差が生じることがわかる。

$$\begin{aligned} 2 \pi f_1 + d \Phi_1 / d t &= \Omega + \sigma_1 - \rho_1 S_1 - \tau_{12} S_2 \\ 2 \pi f_2 + d \Phi_2 / d t &= \Omega + \sigma_2 - \rho_2 S_2 - \tau_{21} S_1 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $\Phi_i$  は位相、 $\Omega$  は共振角周波数、 $\sigma_i$  はモードの引き込み係数、 $\rho_i$  はモードの自己押し出しを示す係数、 $\tau_{ij}$  は、モードの相互押し出しを示す係数である。ただし、 $i, j = 1, 2 ; i \neq j$  である。静止時にレーザ光の発振周波数  $f_{10}$  と  $f_{20}$  が異なっているので、 $\Delta f_0 = f_{20} - f_{10}$  という周波数でビートが生じ

る。

#### 【 0 0 6 0 】

ここで、リング共振器型半導体レーザが角速度  $\Omega$  で時計回りに回転すると、時計回りの第 1 のレーザ光の発振周波数は、非回転時の発振周波数  $f_{10}$  と比べて

$$\Delta f_1 = 2 S \Omega / (\lambda_1 L) \quad (2)$$

だけ減少する。ここで  $S$  はリング共振器の囲む面積、 $L$  は光路長、 $\lambda_1$  は時計回りのレーザ光の媒質内波長である。また同時に、反時計回りの第 2 のレーザ光の発振周波数は、非回転時の発振周波数  $f_{20}$  と比べて

$$\Delta f_2 = 2 S \Omega / (\lambda_2 L) \quad (3)$$

だけ増加する。ここで、 $\lambda_2$  は反時計回りのレーザ光の媒質内波長である。

#### 【 0 0 6 1 】

リング共振器の中で、時計回りの第 1 のレーザ光と反時計回りの第 2 のレーザ光が共存しているので、第 1 のレーザ光と第 2 のレーザ光の発振周波数との差の周波数に相当した光強度のビートが発生する。回転時の、ビートの周波数  $\Delta f$  は

$$\begin{aligned} \Delta f &= f_2 - f_1 \\ &= f_{20} - f_{10} + (\Delta f_2 + \Delta f_1) \\ &= f_{20} - f_{10} + (2 S \Omega / L) \cdot (1 / \lambda_2 + 1 / \lambda_1) \end{aligned} \quad (4)$$

である。光強度のビートは、同じ周波数  $\Delta f$  での反転分布の脈動を引き起こし、端子間のインピーダンスを変化させる。そこで、定電流駆動をしている場合には、端子間電圧に、上記  $\Delta f$  という周波数での電圧変動が観測される。ただし、観測できる周波数は常に正なので、 $|\Delta f|$  が得られる。

#### 【 0 0 6 2 】

上に述べたように、静止時にレーザ光の発振周波数  $f_{10}$  と  $f_{20}$  が異なっていれば、図 3 に示すように、静止時に  $\Delta f_0 = (f_{20} - f_{10})$  というビートが生じ、図 3 の直線部に示すように、回転時に回転方向に応じてビート周波数が増減する。

#### 【 0 0 6 3 】

このようにして、リング共振器型半導体レーザから得られる電圧信号の周波数

と角速度の関係について、図 3 によって説明する。

【 0 0 6 4 】

図 3 において、実太線の直線部と、これを延長した実細線が、(3) 式で表される  $\Delta f$  である。2 つのレーザ光の発振周波数差があるしきい値以下のとき（実細線部）には、2 つのレーザ光の間は強結合状態となって、2 モード独立のレーザ発振ができなくなる場合がある。このとき、光のビートおよび電圧の周期的変動は観測できない。

【 0 0 6 5 】

このようなときには、角速度と電圧信号の周波数との関係は、図 3 の実太線（ $(f_{20} - f_{10}) > 0$  の場合）や破線（ $(f_{20} - f_{10}) < 0$  の場合）のようになる。いずれも、 $\Delta f_0 = |f_{20} - f_{10}|$  である。

【 0 0 6 6 】

おたがいに鏡像対称にあるリング共振器型半導体レーザ 1 1 と 1 2 の同一駆動条件下での、角速度と電圧信号の周波数との関係は、角速度  $\omega$  に対して対称になっている。また、静止時のビート周波数  $\Delta f_0$  は等しい。

【 0 0 6 7 】

図 2 に示す信号処理回路で、以下のように角速度を検出した。コンデンサ 2 0 3、2 0 4 を介して、各々のリング共振器型半導体レーザからの電圧変動の信号を取り込み、コンパレータ 2 0 5、2 0 6 によって周波数信号を矩形波状に整形した。カウンタ 2 0 7、2 0 8 で所定時間内のパルス数をカウントした。反転器 2 0 9 を介して 2 つのカウンタ 2 0 7 と 2 0 8 の出力を加算器 2 1 0 において加算した。すなわち、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の差を得た。ふたつのリング共振器型半導体レーザが同一の駆動条件下のとき、あるいは、さらに後述するように静止時のビート周波数が一致するように駆動条件を制御したときに、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の差  $f_-$  は、

$$f_- = (2 S \Omega / L) \cdot (1 / \lambda_{1, CW} + 1 / \lambda_{1, CCW} + 1 / \lambda_{2, CW} + 1 / \lambda_{2, CCW}) \quad (5)$$

と、角速度に正比例する。ただし、 $\lambda_{j, CW}$ 、 $\lambda_{j, CCW}$  ( $j = 1, 2$ ) は、第  $j$  のリング共振器型半導体レーザでの、時計回りおよび反時計回りのレーザ光の発振

波長であり、おたがいにほぼ等しい。こうして、回転方向を表す符号を含めて角速度に比例するとして信号出力 2 1 2 が得られた。ただし、信号が角速度に比例する範囲は、図 3 に示す  $-\Omega_L < \Omega < \Omega_L$  の範囲である。ここで、 $\Omega_L$  はロックインの影響で式 (3) の線形な関係が維持できなくなる角速度を示す。

## 【 0 0 6 8 】

また、加算器 2 1 1 において、2 つのカウンタ 2 0 7 と 2 0 8 の出力を加算した。すなわち、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の和  $f_+$  を得た。この量は、

$$f_+ = \Delta f_{01} + \Delta f_{02} \quad (6)$$

と表され、角速度に依存しない。ここで、 $\Delta f_{0j}$  は、第  $j$  のリング共振器型半導体レーザにおける静止時のビート周波数である。この量変動する時には、2

つのリング共振器型半導体レーザの少なくとも一方において、静止時のビート周波数変動しているので、式 (5) による角速度の検出は、誤差を含んだものとなる。そこで、この量を駆動電流のフィードバック制御回路への誤差信号として用いた。すなわち、設定部 2 1 4 にてあらかじめ設定した量（静止時のビート周波数の 2 倍に相当する  $f_+$  の初期値）に対する誤差信号 2 1 5 としてビート周波数の和の信号 2 1 3 を用いた。これにしたがって、調整部 2 1 6 において、リング共振器型半導体レーザの駆動電流を調整する。

## 【 0 0 6 9 】

リング共振器型半導体レーザの駆動電流をしきい値より増加していくと式 (1) に示す 2 モード間の光強度の差も増加し、静止時のビート周波数が大きくなる傾向がある。そこで、静止時のビート周波数が増大したときには駆動電流を減少し、静止時のビート周波数が減少したときには駆動電流を増やすようにフィードバックを制御すればよい。

## 【 0 0 7 0 】

上に述べたように、ビート周波数の差をとることで、信号処理に際して静止時のビート周波数という基準値を用いることなく、回転方向を表す符号も含めて角速度に比例した信号が得られた。また同時に、静止時のビート周波数に相当する量を安定させるフィードバック制御を行って、安定性に優れた光ジャイロとする

ことができた。

【 0 0 7 1 】

この実施形態では半導体材料として I n G a A s P / I n P 系を用いたが、G a A s 系、Z n S e 系、I n G a N 系などの電流注入によってレーザ発振させることのできる材料系であっても構わない。また、フィードバック制御系が駆動電流を制御する例を示したが、素子の温度調整回路に対するフィードバック制御を行って静止時のビート周波数を安定させてもよい。この場合、素子の温度を下げることで素子のしきい値電流を下げると、同一駆動電流での 2 モード間の強度差が大きくなって静止時のビート周波数は増大する傾向がある。静止時のビート周波数が増大したときには素子の温度を上げ、静止時のビート周波数が減少したときには素子の温度を下げるように制御すればよい。

【 0 0 7 2 】

図 9 は、本実施形態のジャイロを用いた防振システムを有するコンパクトカメラを示す。このカメラは、光軸 9 1 に対して、矢印 9 2、9 3 で示すカメラの縦振れおよび横振れに対して振れ補正を行う機能を有している。9 4 は補正手段、9 5、9 6 は本実施形態のジャイロと駆動回路を 1 パッケージに収めた振動検出装置、9 7 はカメラマイコン、9 8 は補正レンズである。

【 0 0 7 3 】

振動検出装置 9 5、9 6 からの出力信号は、それぞれ、カメラの縦振れおよび横振れの角速度に相当する。この信号を、カメラマイコン 9 7 に入力する。カメラのリリースボタンが押し切り状態となったときに、カメラマイコン 9 7 にて、焦点距離、被写体の距離に応じた信号の補正を加え、この信号によって補正手段 9 4 を駆動する。補正手段 9 4 では、駆動信号に応じて、光軸と直交する面内で 2 軸方向に補正レンズ 9 8 を移動させて、振れ補正を行い、カメラの振れによる撮影ミスを防ぐ。

【 0 0 7 4 】

本実施形態のジャイロからなる振動検出装置は、小型、低消費電力であるので、コンパクトカメラに適した防振システムを構成することができた。

【 0 0 7 5 】

## 〔第 2 の実施形態〕

図 4 は、本発明に係る光ジャイロの他の一例を示す斜視図であり、リング共振器型半導体レーザを、一つの筐体内に複数設けた場合を示す。

## 【 0 0 7 6 】

図 4 において、4 0 は筐体として用いたステム、4 1 はステムに接続された共通電極、4 2、4 3 は、それぞれリング共振器型半導体レーザ、4 4 はリング共振器型半導体レーザ 4 2、4 3 のそれぞれに対応した電極、4 5 は各電極 4 4 とリング共振器型半導体レーザ 4 2、4 3 とを接続するワイヤである。ここで、リング共振器型半導体レーザ 4 2、4 3 の各々の層構成は、第 1 の実施の形態として示したリング共振器型半導体レーザと同じ構成である。また、各々のリング共振器型半導体レーザ 4 2、4 3 は、時計回りのレーザ光の伝搬方向に沿って、光導波路の幅が広くなる第 1 の部分と、光導波路の幅が狭くなる第 2 の部分からなるテーパ部を有している。リング共振器型半導体レーザ 4 2 と 4 3 とは周回長が同じであり、図 5 に示すように鏡像対称となっている。

## 【 0 0 7 7 】

上記構成では、各リング共振器型半導体レーザ 4 2、4 3 の基板側を共通電極として、ステム 4 1 に半田によって個別に接着するとともに、各リング共振器型半導体レーザ 4 2、4 3 のキャップ層側の電極は各ワイヤ 4 5 によって、個別の電極 4 4 に接続した。

## 【 0 0 7 8 】

図 4 のように、各リング共振器型半導体レーザに電流が流せるように接続し、電流注入を行いながら、電極間での電圧の変化を検出する。電流の注入と電圧の検出を同一の電極で行うために、ここでは図 6 に示すような回路を用いた。

## 【 0 0 7 9 】

図 6 において、4 0 は本発明による光ジャイロ素子であり、4 2、4 3 はそれぞれリング共振器型半導体レーザ、6 0 1、6 0 2 は駆動電流入力端子、6 0 3、6 0 4 はカップリングコンデンサ、6 0 5、6 0 6 は  $f - V$  変換回路、6 0 7 はゲイン ( - 1 ) の反転器、6 0 8、6 0 9 は加算器、6 1 0 は信号出力端子、6 1 1 は誤差信号出力端子である。

## 【 0 0 8 0 】

端子 6 0 1 と 6 0 2 のそれぞれから、リング共振器型半導体レーザの発振しきい値電流以上の電流でリング共振器型半導体レーザ 4 2 と 4 3 を定電流駆動する。発振しきい値以上の電流注入によって利得の生じたリング共振器型半導体レーザ 4 2 と 4 3 では、各々に時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光が独立に存在し、ビート信号が発生する。角速度とビート信号の周波数の関係は、図 3 に示したものと同様になる。

## 【 0 0 8 1 】

図 6 に示す信号処理回路で、以下のように角速度を検出した。コンデンサ 6 0 3、6 0 4 を介して、各々のリング共振器型半導体レーザからの電圧変動の信号を取り込み、 $f-V$ 変換回路 6 0 5、6 0 6 によってビート信号の周波数に応じた電圧を取りだした。反転器 6 0 7 を介して 2 つの  $f-V$ 変換回路 6 0 5 と 6 0 6 の出力を加算器 6 0 8 において加算した。すなわち、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の差を得た。第 1 の実施形態同様、ふたつのリング共振器型半導体レーザをほぼ同一の駆動条件下で、静止時のビート周波数が一致するように駆動したときに、回転方向を表す符号を含めて角速度に比例する信号出力 6 1 0 が得られた。

## 【 0 0 8 2 】

また、加算器 6 0 9 において、2 つの  $f-V$ 変換回路 6 0 5 と 6 0 6 の出力を加算した。すなわち、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の和に相当する出力を得た。第 1 の実施形態同様、この量は、角速度によらない一定値となる。2 つのリング共振器型半導体レーザそれぞれが静止しているときのビート周波数の和に相当する量である。そこで、この量を誤差信号 6 1 1 として取出し、駆動電流のフィードバック制御回路によってリング共振器型半導体レーザの駆動電流を調整する。第 1 の実施形態同様、静止時のビート周波数が増大したときには駆動電流を減少し、静止時のビート周波数が減少したときには駆動電流を増やすように制御すればよい。

## 【 0 0 8 3 】

上記説明では筐体としてステムを用いた例を示したが、本発明による筐体は、

複数個のリング共振器型半導体レーザをハイブリッド実装することができればどのような形態のものでもよく、例えばケースなどでも構わない。これまで述べた2つの実施形態では、リング共振器型半導体レーザのリング共振器形状として四角形のものを示したが、円周状、三角形など閉じた経路をなすものを適用してよい。

## 【 0 0 8 4 】

## 〔第3の実施形態〕

図7は、本発明に係る光ジャイロの他の駆動と信号処理の方法を示す図である。

## 【 0 0 8 5 】

図7において、70は本発明による光ジャイロであり、71、72はそれぞれリング共振器型半導体レーザ、701、702は駆動電流入力端子、703、704はカップリングコンデンサ、705、706はコンパレータ、707、708はカウンタ、709はゲイン(-1)の反転器、710、711は加算器、712は静止時オフセット除去回路、713は信号出力端子、714は誤差信号出力端子である。また、715は注入電流の設定部、716は電流制御ブロックに対する誤差信号の入力端子、717は注入電流の調整部である。

## 【 0 0 8 6 】

光ジャイロ素子は、第1の実施形態に示したものである。端子701と702のそれぞれをリング共振器型半導体レーザ71、72それぞれの発振しきい値電流以上で定電流駆動する。ただし、リング共振器型半導体レーザ71、72では、注入電流がおたがいに異なっている。発振しきい値以上の電流注入によって利得の生じたリング共振器型半導体レーザ71（および72）では、時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光とが独立に存在している。すでに説明したように、テーパ部によって、時計回りのレーザ光と反時計回りのレーザ光の発振周波数は異なっており、これによって静止時にもビート信号が生じる。ところでこのビート信号の周波数は、式(1)に示すように周回方向の異なる2つのレーザ光の強度差に依存している。そこで、2つのリング共振器型半導体レーザにおいて、注入電流が異なっているときには、時計回りと反時計回りのレーザ光の強度差も

異なるので、静止時のビート周波数に差が生じる。

#### 【 0 0 8 7 】

次に、ジャイロの回転角速度  $\Omega$  とビート周波数  $\Delta f$  の関係を図 8 に示す。実太線と点線は、それぞれリング共振器型半導体レーザ 7 1 と 7 2 の特性を示す。角速度にたいするビート周波数の傾きの絶対値は、式 (4) に示すように、 $(1/\lambda_{cw} + 1/\lambda_{jccw}) \cdot S/L$  となる。この傾きの絶対値は、両素子の波長がほぼ等しく、 $S/L$  が等しいときには、ほぼ等しくなる。

#### 【 0 0 8 8 】

このようなリング共振器型半導体レーザ 7 1、7 2 からの電圧変動の信号を、コンデンサ 7 0 3、7 0 4 を介して取り込み、コンパレータ 7 0 5、7 0 6 によって周波数信号を矩形波状に整形した。カウンタ 7 0 7、7 0 8 で所定時間内のパルス数をカウントした。利得  $(-\Delta f_{01}/\Delta f_{02})$  の反転増幅器 7 0 9 を介して 2 つのカウンタ 7 0 7 と 7 0 8 の出力を加算器 7 1 0 において加算した。すなわち、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数にたいする負の重み付き和として、角速度に正比例する信号出力 7 1 2 を得た。

#### 【 0 0 8 9 】

また、第 1 の実施形態同様に加算器 7 1 1 において、2 つのカウンタ 7 0 7 と 7 0 8 の出力を加算した。すなわち、2 つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の和を得た。この量は、第 1 の実施形態同様角速度に依存しないので、この量の変動する時には、2 つのリング共振器の少なくとも一方において静止時のビート周波数が変動している。この量を誤差信号 7 1 4 として取りだし、駆動電流のフィードバック制御回路への誤差信号として戻す。すなわち、設定部 7 1 5 にてあらかじめ設定した量（静止時のビート周波数の和  $(\Delta f_{01} + \Delta f_{02})$  に相当）に対する誤差信号 7 1 6 としてビート周波数の和の信号 7 1 4 を用い、調整部 7 1 7 において、リング共振器型半導体レーザの駆動電流を調整した。

#### 【 0 0 9 0 】

上述したように、2 つの素子からのビート周波数を用いた演算によって、回転方向を表す符号も含めて角速度に比例した信号が得られた。また同時に、角速度によらず静止時のビート周波数を安定させるフィードバック制御を行って、安定

性に優れた光ジャイロとすることができた。

【 0 0 9 1 】

これまで述べた 3 つの実施形態では、定電流駆動を行い、素子の角速度に応じた端子間電圧変動を検出する場合を示したが、素子を駆動しているときに素子の受けた角速度によって素子インピーダンスが変化するのを検出するという測定原理から明らかなように、素子を定電圧駆動して、その電流変化を検出するなど、その他のインピーダンス測定法によってインピーダンス変化を計測して角速度を知ることでもある。

【 0 0 9 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、第 1 から 6 の発明によって、精度よく角速度と回転方向を検知する光ジャイロが得られた。

【 0 0 9 3 】

また、第 7 から 1 0 の発明によって、作製が容易で、かつ精度よく角速度と回転方向を検知する光ジャイロが得られた。

【 0 0 9 4 】

また、第 1 1 の発明によって 2 つのリング共振器型半導体レーザが光学的に独立であり、安定して動作する光ジャイロが得られた。

【 0 0 9 5 】

また、第 1 2、第 1 3 の発明によって、容易な回路構成によって素子のインピーダンス変動を観測でき、種々の信号の処理回路と容易に接続できるので、精度よく角速度と回転方向を検知できる光ジャイロの駆動方法が得られた。

【 0 0 9 6 】

また、第 1 4 の発明によって、信号処理が容易かつ高精度におこなえる光ジャイロの駆動方法が得られた。

【 0 0 9 7 】

また、第 1 5 から第 1 7 の発明によって、精度よく角速度と回転方向を検知することができる光ジャイロの信号処理方法が得られた。

【 0 0 9 8 】

また、第 1 8 から第 2 0 の発明によって、角速度変化以外の原因による出力信号の変動を抑えて、精度よく回転の角速度と回転方向を検知できる光ジャイロの駆動方法が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による第 1 の実施形態の光ジャイロの平面図及び断面図

【図 2】

本発明による第 1 の実施形態の光ジャイロと駆動、信号処理回路の回路図

【図 3】

本発明による第 1 の実施形態の光ジャイロにおけるビート信号の周波数と角速度の関係を示すグラフ

【図 4】

本発明による第 2 の実施形態の光ジャイロの斜視図

【図 5】

本発明による第 2 の実施形態の光ジャイロの平面図

【図 6】

本発明による第 2 の実施形態の光ジャイロと駆動、信号処理回路の回路図

【図 7】

本発明による第 3 の実施形態の光ジャイロと駆動、信号処理回路の回路図

【図 8】

本発明による第 3 の実施形態の光ジャイロにおけるビート信号の周波数と角速度の関係を示すグラフ

【図 9】

本発明による第 1 の実施形態の光ジャイロで振動を検出して、防振を行うカメラの概念図

【符号の説明】

1 0、4 0、7 0 光ジャイロ素子

1 1、1 2、4 2、4 3、7 1、7 2 リング共振器型半導体レーザ素子

1 3、1 4 テーパ部

1 5 反時計回りの周回モード光

1 6 時計回りの周回モード光

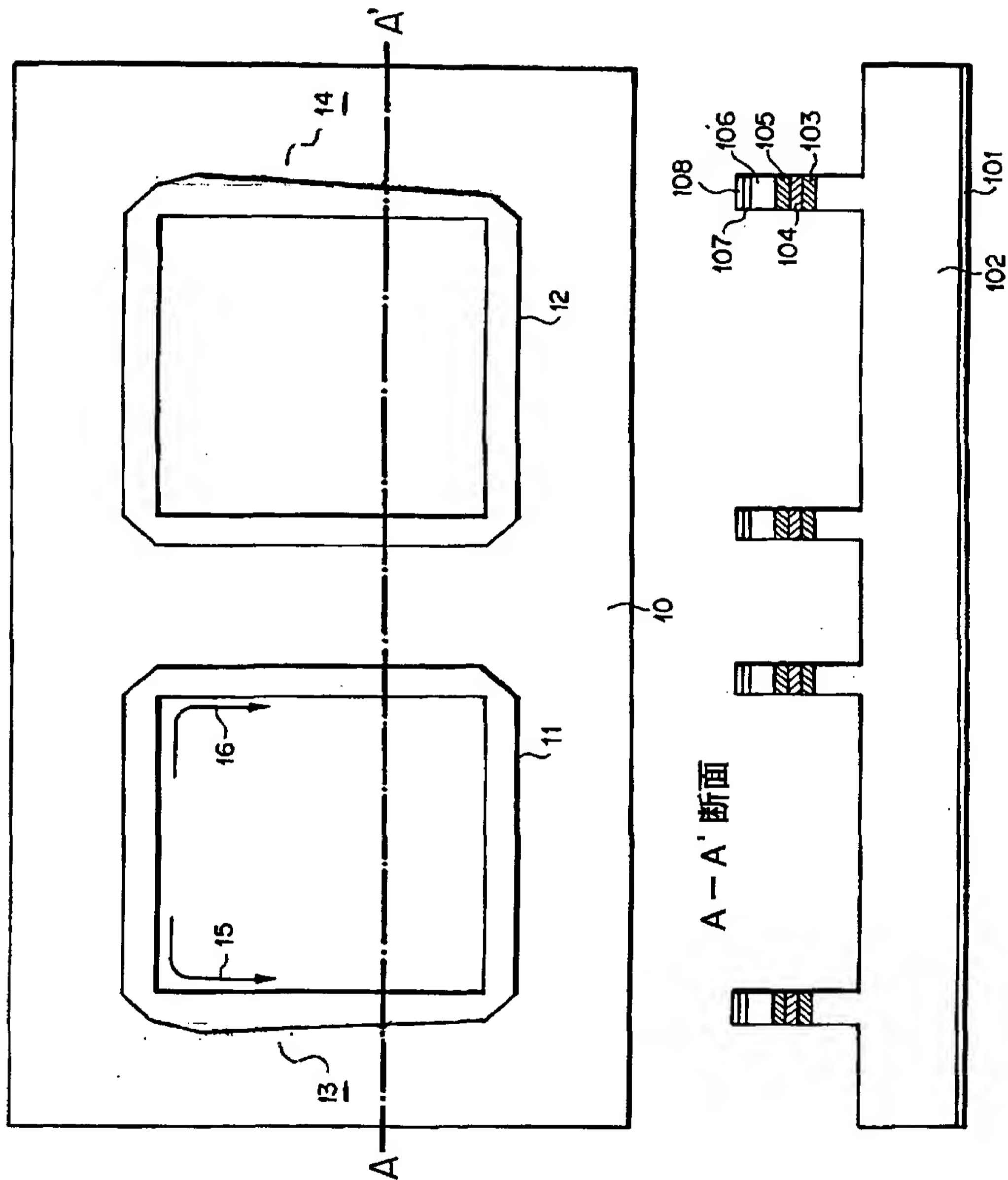
2 0 5、2 0 6、7 0 5、7 0 6 コンパレータ

2 0 7、2 0 8、7 0 7、7 0 8 カウンタ

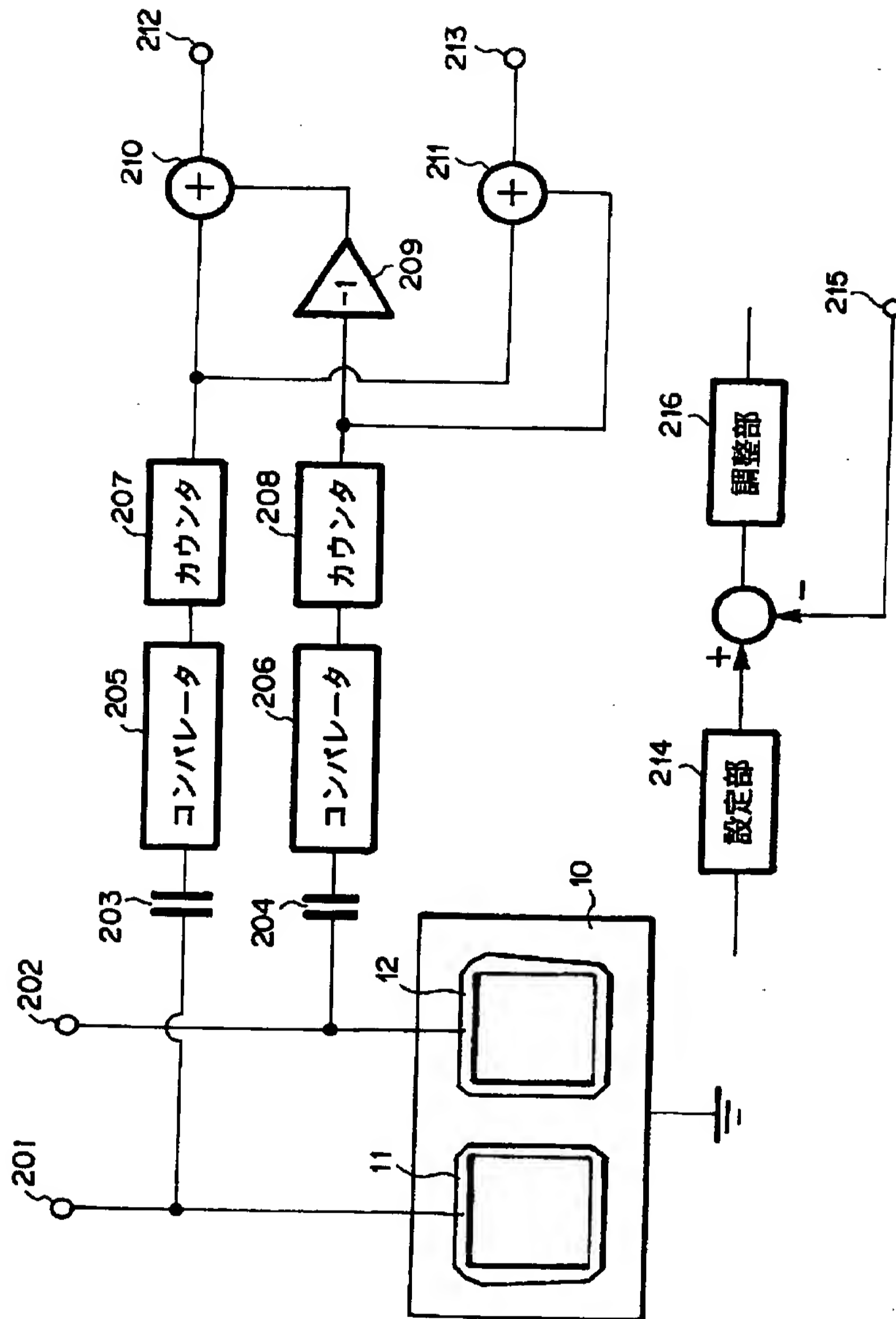
6 0 5、6 0 6  $f - V$ 変換回路

【書類名】 図面

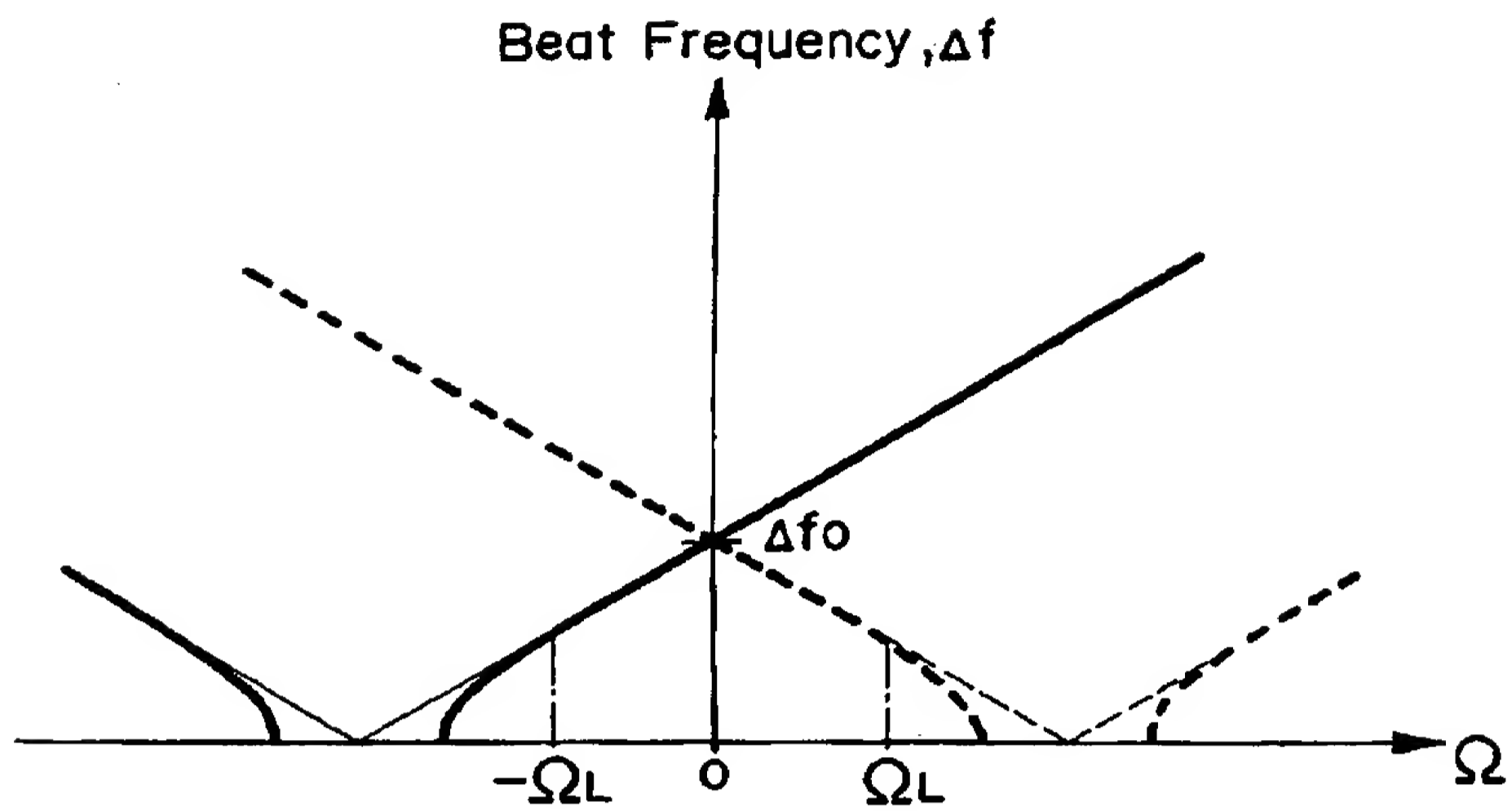
【図 1】



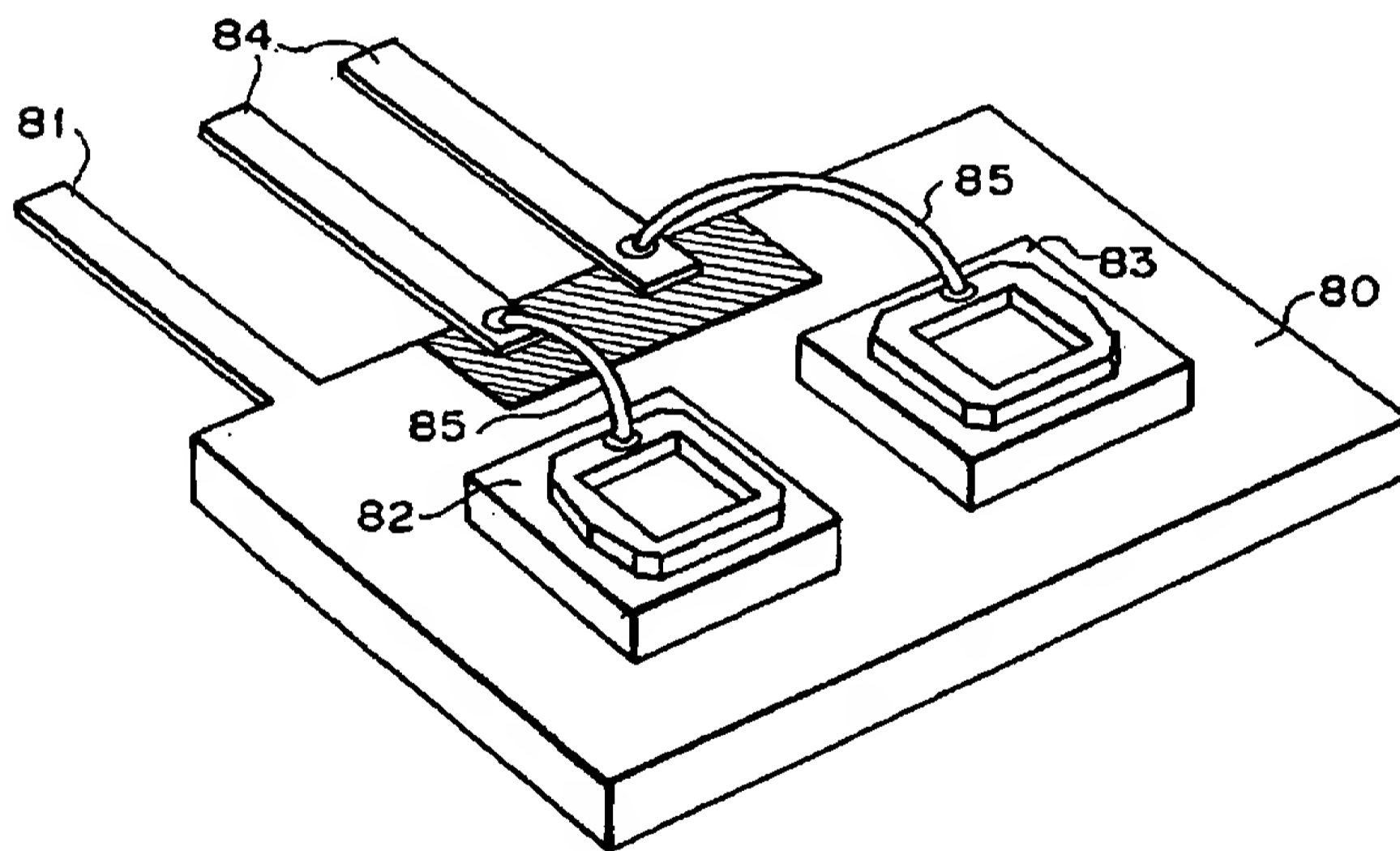
【図 2】



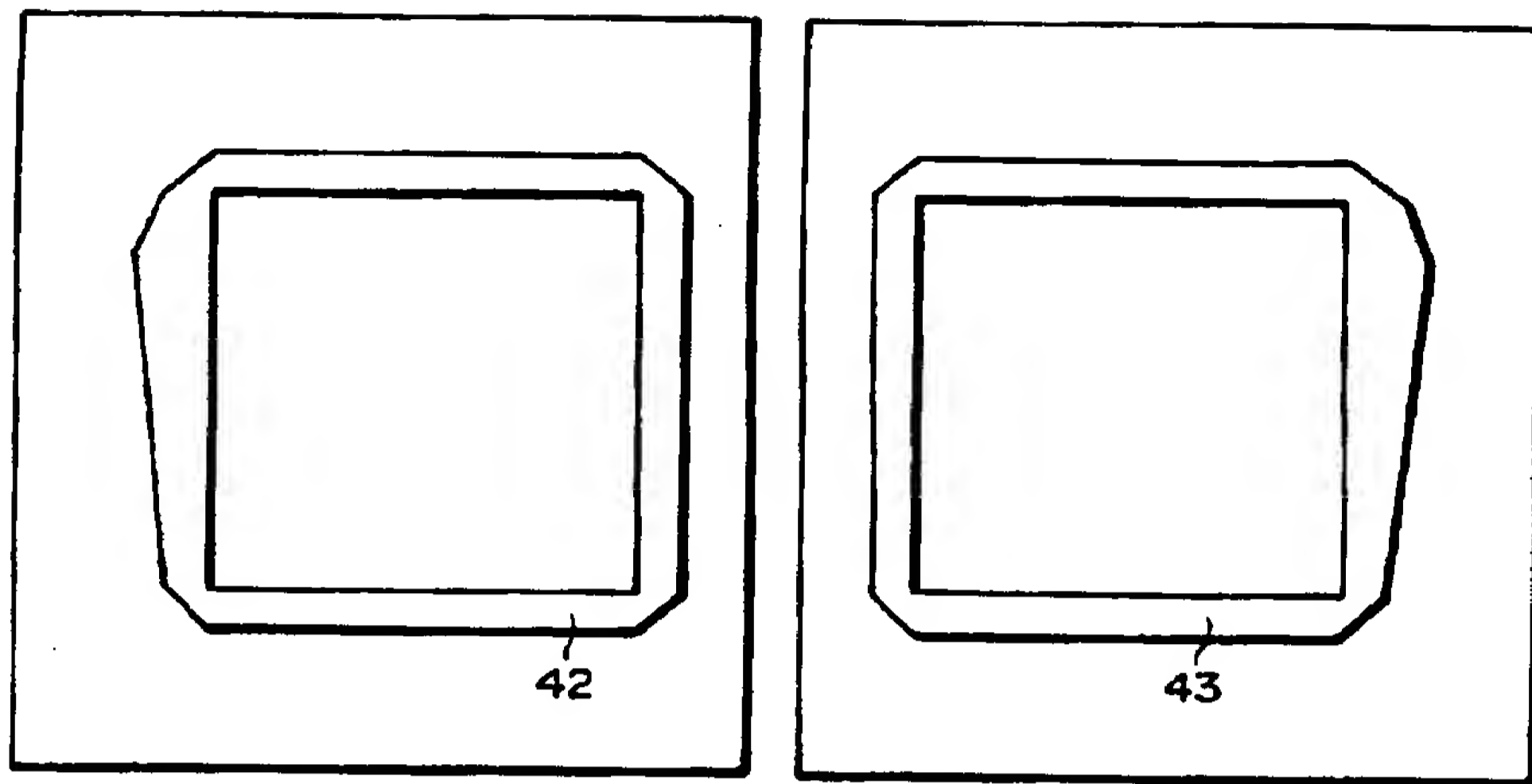
【図 3】



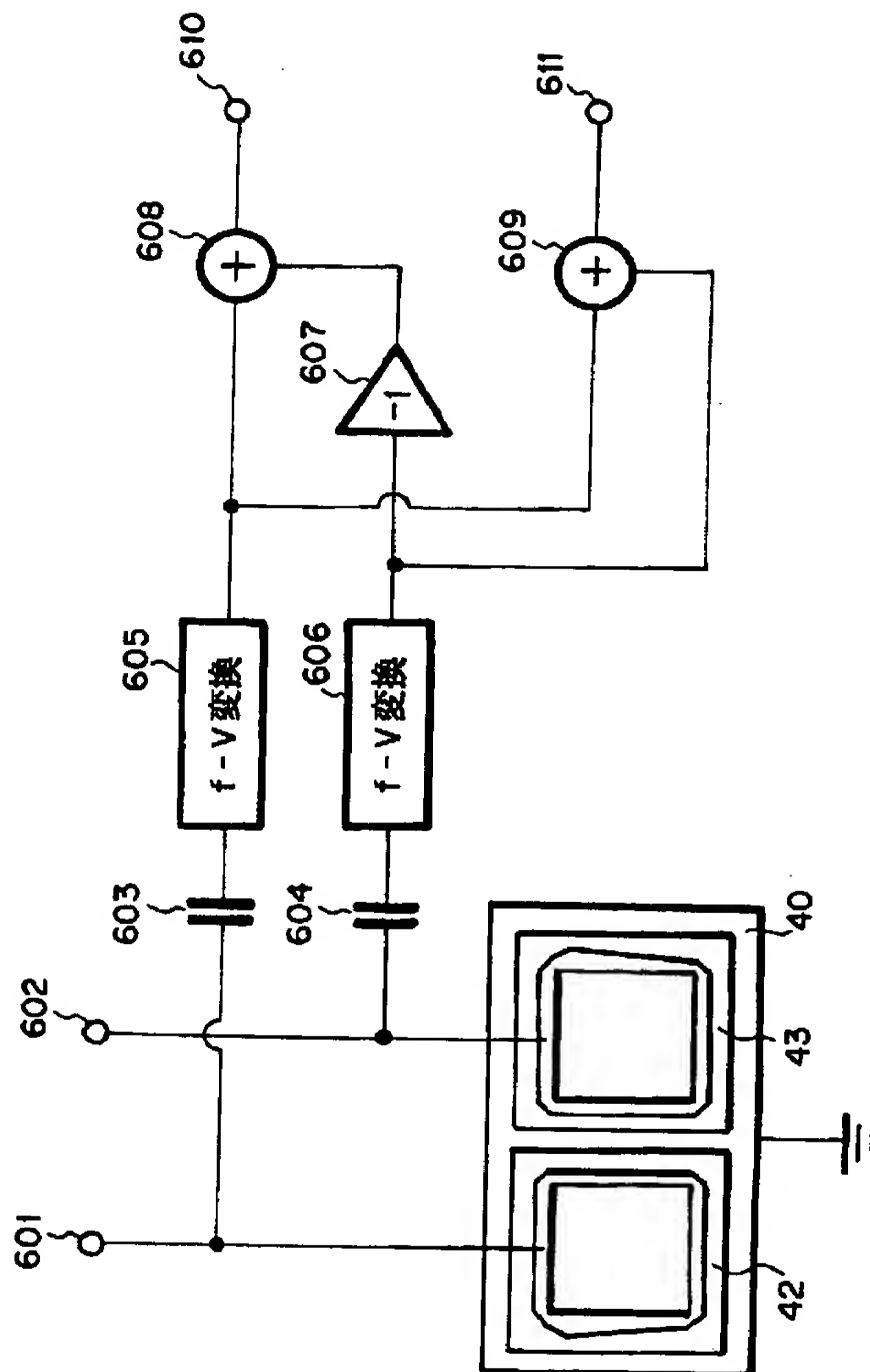
【図 4】



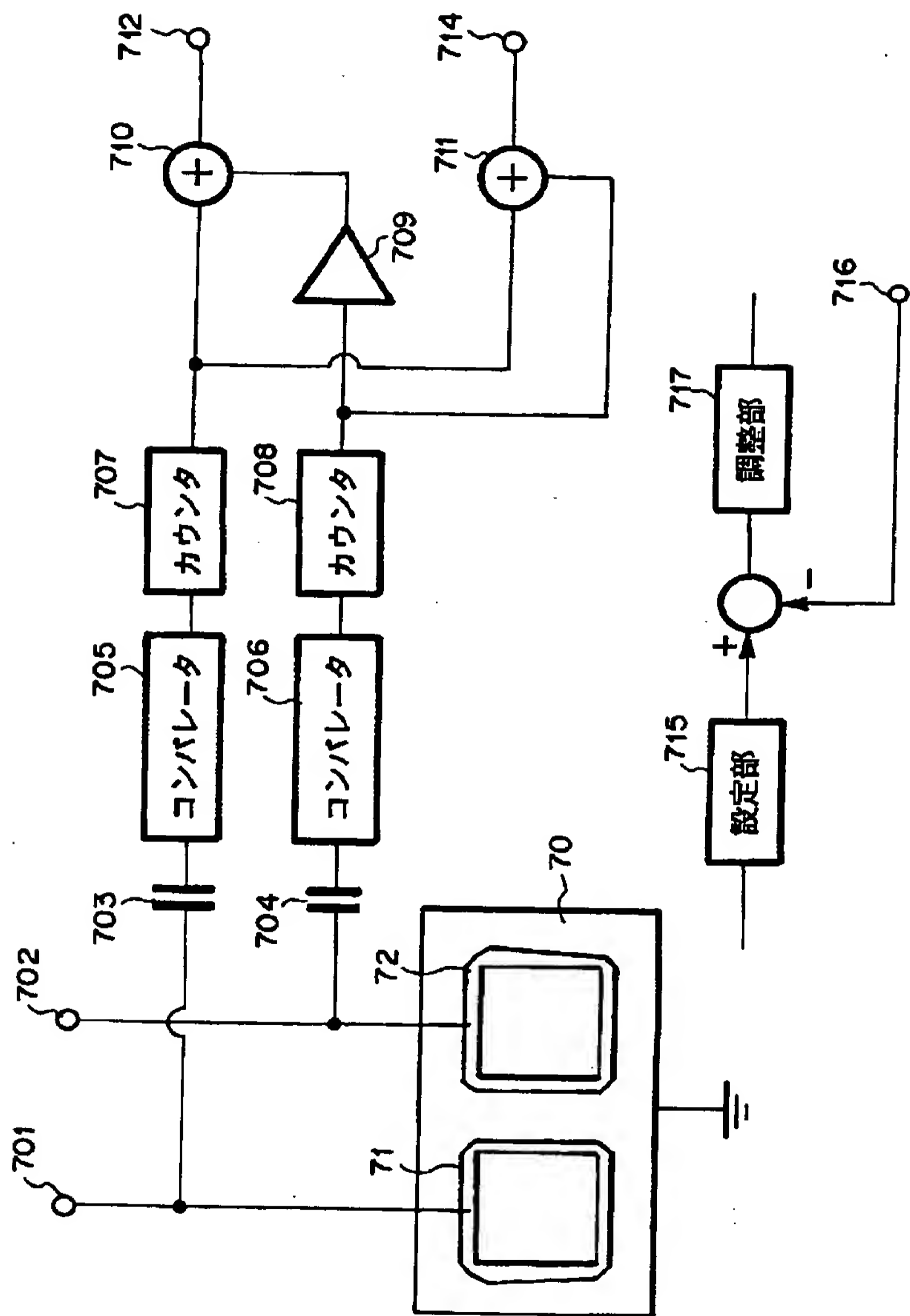
【図 5】



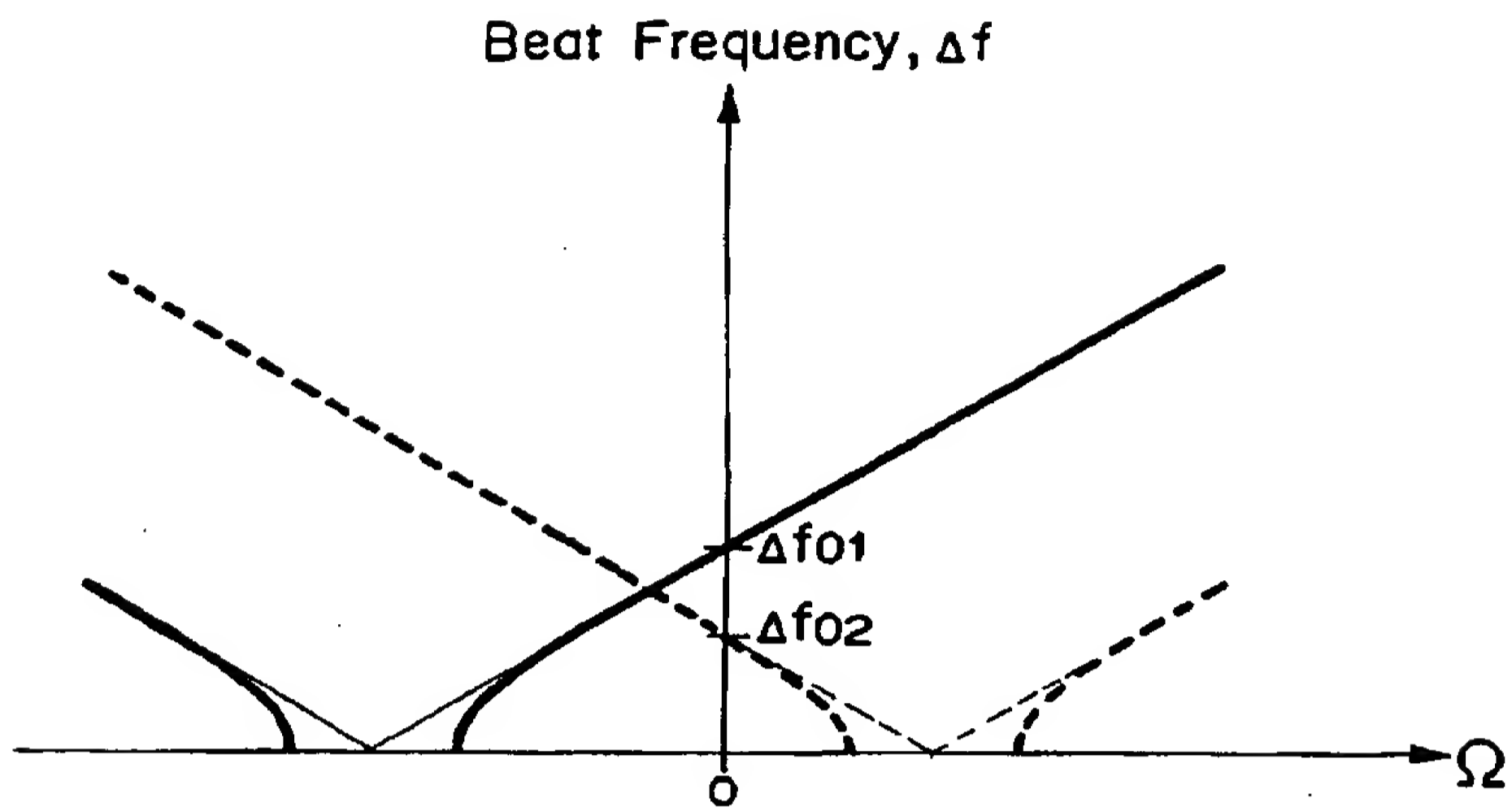
【図 6】



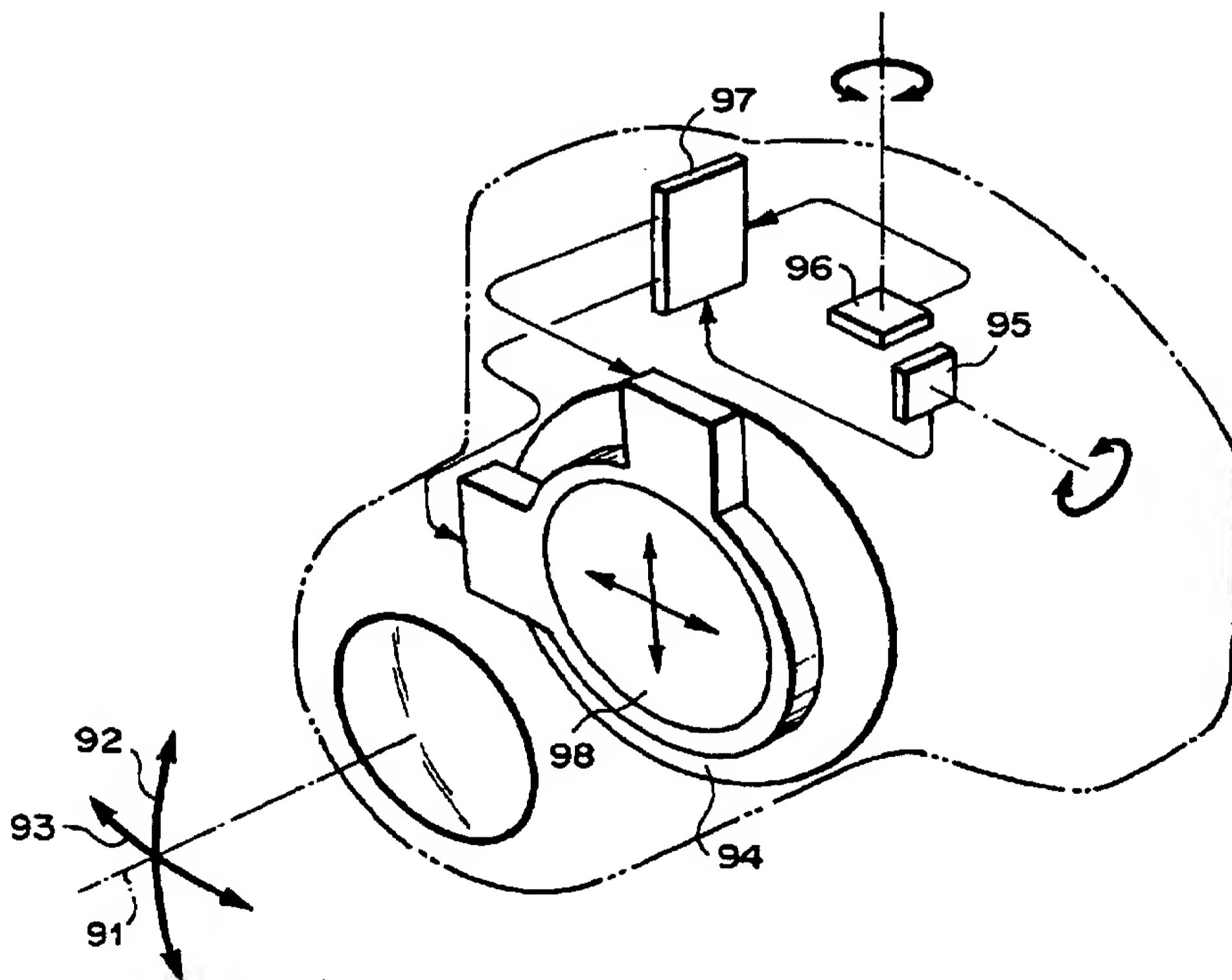
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リング共振器型光ジャイロにおいて精度よく角速度と回転方向を検知する。

【解決手段】 ふたつのリング共振器型半導体レーザをほぼ同一の駆動条件下で、静止時のビート周波数が一致するように駆動したときに、2つの  $f-V$  変換回路 605 と 606 の出力の差として、回転方向を表す符号を含めて角速度に比例する信号出力 610 が得られる。また、加算器 609 において、2つの  $f-V$  変換回路 605 と 606 の出力を加算すると、2つのリング共振器型半導体レーザのビート周波数の和に相当する出力を得る。この量は、角速度によらない一定値であり、2つのリング共振器型半導体レーザそれぞれが静止しているときのビート周波数の和に相当する量である。そこで、この量を誤差信号 611 として取出し、駆動電流のフィードバック制御回路によってリング共振器型半導体レーザの駆動電流を調整する。

【選択図】 図 6

特 2 0 0 0 - 2 1 1 8 5 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名 キヤノン株式会社